

С.А. РОДИОНОВ

ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

Внешняя модель оптического прибора в общей теории изображения, представляющая прибор как звено некоторого каскада последовательно соединенных приборов была описана в [1], где также были рассмотрены передаточные характеристики, определяющие воздействие прибора на проходящее изображение.

Однако одних передаточных характеристик недостаточно для полного описания работы прибора в каскаде; для правильной работы прибора необходимо его согласование с предыдущим звеном каскада (генератором предмета) и последующим (приемником изображения). Характеристики, содержащие информацию, необходимую для такого согласования, назовем присоединительными характеристиками, которые, вместе с передаточными характеристиками и образуют полную внешнюю модель прибора в теории изображения. Рассмотрим присоединительные характеристики для центрированных приборов, оставаясь в рамках обобщенной внешней модели, т.е. не конкретизируя обобщенные понятия и координаты.

Будем называть присоединительные характеристики, относящиеся ко входу прибора (генератору предмета), входными или передними, а относящиеся к его выходу (приемнику изображения) – выходными или задними. В силу симметрии мы будем иметь полную аналогию между передними и задними характеристиками, поэтому, хотя основные рассуждения мы будем относить к передним характеристикам, они будут также справедливы и по отношению к задним.

Как было указано в [1], любая характеристика может быть глобальной или зональной по отношению к тому, описывает ли она свойство, относящееся ко всей поверхности предмета (изображения), или к отдельной зоне предмета (изображения).

Кроме того, можно выделить три различные группы присоединительных характеристик в соответствии с различными параметрами прибора, которые они описывают, а именно: предметные, зрачковые и спектральные.

Предметные присоединительные характеристики описывают положение, размеры и форму поверхности предмета (изображения).

Зональные предметные присоединительные характеристики состоят из: $S(S')$ - зонального обобщенного переднего (заднего) отрезка, т. е. величины, в некоторой системе обобщенных координат определяющей расстояние от прибора до данной зоны предмета (изображения);

$\bar{y}_0(\bar{y}'_0)$ – обобщенной глобальной координаты центра данной зоны предмета (изображения), называемой также величиной предмета (изображения); \bar{y}_{\max} , \bar{t}_{\max} , \bar{y}'_{\max} , – размеров данной зоны предмета (изображения) в обобщенных зональных координатах.

В случае, если форма поверхности предмета (изображения) фиксирована для данного класса приборов, например плоская, то в зональные характеристики можно не включать передние (задние) отрезки, которые однозначно определяются формой поверхности предмета (изображения). Кроме того, обычно не рассматривают размеров зон, считая, что они определяются координатами центров смежных зон.

Таким образом, зональные предметные присоединительные характеристики состоят в этом случае только из величин предмета (изображения) $\bar{y}_0(\bar{y}'_0)$ для различных зон.

Глобальные предметные присоединительные характеристики состоят из: $\bar{S}_0(\bar{S}'_0)$ – параксиального переднего (заднего) отрезка – величины, характеризующей расстояние от прибора до центра поверхности предмета (изображения); $\bar{y}_{0\max}(\bar{y}'_{0\max})$ – максимальной величины предмета (изображения) в обобщенных координатах; $2\bar{y}_{0\max}$ и $2\bar{y}'_{0\max}$ называют величиной поля зрения (изображения).

Зрачковые присоединительные характеристики определяют положение, размеры и форму входного и выходного зрачков прибора.

Отметим сразу же, что понятие зрачка может быть распространено и на некоторые неоптические приборы, если они воспринимают излучение какой-либо точки предмета не в полном телесном угле.

Определение входного зрачка, принятое в теории оптических приборов как изображение в пространстве предметов материальной диафрагмы, ограничивающей габариты пучка лучей, не всегда применимо (например, в случае, виньетирования, когда пучок ограничивается несколькими диафрагмами, или неоптических приборов).

Обобщим понятие параметров зрачка (положения, размеров и формы) следующим образом. Примем, что действие входного (выходного) зрачка проявляется только в ограничении входящего в прибор (выходящего из него) излучения данной точки предмета конечным телесным углом $\Omega(\Omega')$. Параметры, определяющие положение в пространстве, размеры и форму этого телесного угла и примем за зрачковые присоединительные характеристики, не связанные с конкретной физической реализацией зрачка.

Рассмотрим зональные зрачковые присоединительные характеристики.

Во-первых, необходима характеристика, указывающая ориентацию оси входного (выходного) телесного угла. Для центрированных приборов, как явствует из соображений симметрии, достаточно указать положение точки пересечения оси угла с осью прибора. Назовем характеристику, определяющую положение такой точки, обобщенным положением входного (выходного) зрачка и обозначим $\bar{S}_p(\bar{S}'_p)$.

Во-вторых, необходимы характеристики, описывающие форму и размеры телесного угла. Назовем величину, характеризующую размер телесного угла в определенном направлении (сечении), обобщенной апертурой. Для полного описания формы зрачка необходимо знание обобщенной апертуры во всех

сечениях, т. е. зависимость обобщенной апертуры от угла поворота сечения: $A(\varphi)$ и $A'(\varphi')$.

Для центрированных приборов, если не учитывать центрального экранирования, форма зрачка для осевой точки предмета есть окружность, а для внеосевых точек, вследствие геометрического и абберационного виньетирования, может быть деформирована. Однако, как показано в работе [2], в большинстве случаев с достаточной для практических целей точностью можно аппроксимировать контур зрачка эллипсом. Тогда для описания формы и размеров зрачка достаточно знать обобщенные апертуры в двух направлениях, т. е. полуоси этого эллипса: передние обобщенные зональные апертуры A_y, A_z (меридиональную и сагиттальную) и аналогично задние обобщенные зональные апертуры A'_y, A'_z .

Иногда вместо указанных характеристик удобно применять для описания размеров и формы зрачков следующие величины: обобщенную переднюю (заднюю) зональную апертуру $A = A_z; A' = A'_z$ и коэффициент деформации $b = A_y : A_z$ (входного) или $b' = A'_y : A'_z$ (выходного) зрачков.

Глобальные зрачковые присоединительные характеристики описывают изменение зональных характеристик по полю зрения.

По аналогии с энергетическими передаточными характеристиками [1] удобно ввести следующие глобальные зрачковые присоединительные характеристики: A_0, A'_0 – центральные обобщенные апертуры (переднюю и заднюю), соответствующие центральной зоне предмета ($A_0 = A_{y_0} = A_{z_0}$; $F_y(\bar{y}_0) = A_y : A_0; F_z(\bar{y}_0) = A_z : A_0; F'_y = A'_y : A'_0; F'_z = A'_z : A'_0$ – передние функции обобщенного виньетирования (меридиональную и сагиттальную) и аналогичные задние; S_{p_0}, S'_{p_0} – обобщенное положение зрачка для центральной зоны (входного и выходного); $\Delta S_p = S_p - S_{p_0}; \Delta S'_p = S'_p - S'_{p_0}$ – функции продольной аберрации положения зрачков.

Спектральные присоединительные характеристики необходимы для согласования диапазона длин волн излучения, в котором воспринимается предмет и образуется изображение. В общем случае для неоптических приборов эти диапазоны длин волн могут быть различными для предмета и изображения, а также для различных зон предмета, поэтому вообще можно говорить о передних и задних, глобальных и зональных спектральных присоединительных характеристиках. В частном случае оптического прибора изображение формируется тем же излучением, которое воспринимается от предмета, а спектральное пропускание прибора для различных зон предмета практически одинаково, поэтому можно говорить просто о спектральных присоединительных характеристиках, не подразделяя их на передние, задние, глобальные и зональные. Можно описать следующие характеристики: минимальную λ_{\min} и максимальную λ_{\max} длины волн – границы рабочего

диапазона; $\tau(\lambda)$ – функцию относительного спектрального пропускания прибора в данном диапазоне.

Вместо величин λ_{\min} и λ_{\max} иногда удобнее употреблять величины λ_0 и $\Delta\lambda$, где $\lambda_0 = (\lambda_{\min} + \lambda_{\max}) : 2$ – центральная или основная длина волны, $\Delta\lambda = (\lambda_{\min} - \lambda_{\max}) : 2$ – полуширина рабочего интервала длин волн.

ЛИТЕРАТУРА

1. Родионов С. А. *Передаточные характеристики оптических приборов в теории изображения*. В настоящем сборнике, стр. 36.
2. Hopkins Н. Н. *The Use of Diffraction based Criteria of Image Quality in Automatic Optical Design*. Optica Acta, v. 13, N 4, 1966.